

## BEST AVAILABLE COPY

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-188859

(43)Date of publication of application : 28.07.1989

(51)Int.Cl.

G03F 7/00  
G03C 5/24  
G05B 17/02  
H01L 21/30  
H01L 21/30

(21)Application number : 63-012923

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 22.01.1988

(72)Inventor : HIRAI YOSHIHIKO

## (54) RESIST SHAPE SIMULATION METHOD

## (57)Abstract:

PURPOSE: To attain simulation by obtaining the space distribution of an exposure energy density absorbed into a resist and obtaining the space distribution of the melting speed of a resist based on the relation of the absorbed exposure energy density and the resist melting speed.

CONSTITUTION: The reaction of a resist is related to the sum of light energy absorbed into the resist and further, the melting speed of the resist is expressed as the function of absorption energy. Thus, an absorption energy density is obtained, the absorption energy density is introduced and the development speed of the resist is obtained. Consequently, the resist can be calculate the change due to the mutual action of an excimer laser beam quantitatively. Thus, the simulation of the resist shape due to the excimer laser beam can be executed.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

⑤ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)7月28日

G 03 F 7/00  
G 03 C 5/24  
G 05 B 17/02  
H 01 L 21/30

1 0 1  
3 3 1  
3 1 1  
3 6 1

6906-2H  
7267-2H  
7740-5H  
Z-7376-5F  
L-7376-5F

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全4頁)

⑭ 発明の名称 レジスト形状シミュレーション方法

⑮ 特 願 昭63-12923

⑯ 出 願 昭63(1988)1月22日

⑰ 発 明 者 平 井 義 彦 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

⑱ 出 願 人 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地

⑲ 代 理 人 弁理士 中尾 敏男 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

レジスト形状シミュレーション方法

## 2. 特許請求の範囲

エキシマ・レーザー光によりフォトリソレジストを露光する場合にレジスト内に吸収された露光エネルギー密度の空間分布を求め、前記吸収された露光エネルギー密度とレジスト溶解速度の関係に基づいて前記レジストの溶解速度の空間分布を求め、これより現像シミュレーションを行うことを特徴とするレジスト形状シミュレーション方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## 産業上の利用分野

本発明はEzF等によるエキシマ・レーザー光によるフォトリソグラフィ工程におけるレジスト形状のシミュレーション方法に関するものである。

## 従来の技術

従来、フォトリソグラフィにおけるフォトリソレジストと照射光との相互作用は、Dillらが提唱したモデル("Characterization of Positive

Photoresist", アイ・イー・イー・イー トランセオン エレクトロニクス デバイスズ (IEEE Trans on Electron Devices) vol ED-22, No 7 P. 445-P. 462, July 1975)が、ジアゾ系レジストの反応モデルとして広く用いられている。これは、ジアゾ系レジストの感光基であるナフト・キノン・ジアゾの濃度Mと、この光吸収効率A及び、ベース材料の光吸収効率B、及び前記感光基の反応速度Cを用いて、次の様に表わす。

$$\begin{cases} \partial I(z,t)/\partial z = -I(z,t) \cdot (A \cdot M(z,t) + B) \\ \partial M(z,t)/\partial t = -I(z,t) \cdot M(z,t) \cdot C \end{cases} \quad \dots\dots(1)$$

ここで、zはレジスト表面から垂直方向の深さ、tは露光開始からの時刻である。又、Iは光の強度、Mは感光基の濃度である。さらに、Dillらによると、パラメータA、B、Cは次のようになる。

$$\begin{cases} A = (1/d) \ln [T(\infty)/T(0)] \\ B = -(1/d) \ln T(\infty) \end{cases} \quad \dots\dots(2)$$

$$C = \frac{A+B}{A I_0 T(0) \cdot (1-T(0))} \cdot \frac{dT(0)}{dt}$$

となる。ここで、 $I_0$  はレジスト表表での光強度、 $T(t)$  はレジストの光透過率、 $d$  はレジストの膜厚を表わす。したがって、 $A$ 、 $B$ 、 $C$  は厚さ  $d$  のレジストに光を照射した場合に、光の強度を測定し、その透過率の時間変化、いわゆるブリーチング特性を測定する事によって得られる。

一般的に広く用いられている紫外線領域でのジアソ系レジスト、例えば商品名 MP2400 (シブレイ社) について、前記  $A$ 、 $B$ 、 $C$  のパラメータを実測すると  $A = 0.27 [\mu m^{-1}]$ 、 $B = 1.77 [\mu m^{-1}]$ 、 $C = 0.0018 [d/mJ]$  となる。

この場合、従来の水銀ランプによる紫外線露光の場合 (例えば  $i$ -線 (波長  $0.365 \mu m$ ) の場合には、MF-1400 レジストで  $A = 0.74$ 、 $B = 0.20$ 、 $C = 0.012$ ) に比べると、レジスト・ベース材料の吸収効率パラメータ  $B$  が約 10 倍で、反応速度のパラメータ  $C$  が約  $1/10$  となってくる。発明が解決しようとする課題

は、前記の計算例の様な不具合が生じる。

本発明は、エキシマ・レーザー露光における照射光とレジストとの相互作用に関連づけるモデルを提唱し、有効なレジスト形状シミュレーション方法を提供するものである。

課題を解決するための手段

以上の事を具現化する為に、本発明では、レジストの反応が、レジストに吸収された光エネルギーの総和に関係するとし、さらにレジストの溶解速度が前記吸収エネルギーの関数として表わす事により、レジスト形状のシミュレーションを可能とするものである。

すなわち、次式で表わせる吸収エネルギー密度  $E$  を求める。

$$E(z, t) = \int_0^t I(z, z) \cdot (A \cdot M(x, z) + B) \cdot dz \quad \dots (3)$$

ここで、 $I$ 、 $M$ 、 $A$ 、 $B$ 、 $z$ 、 $t$  は (1) 式の場合と同じ内容である。

次に、レジストの現像速度  $R$  を  $E$  の関数  $f$  として求める。

Dill のモデル通りに、これらのパラメータを入力し、レジスト中での感光剤の変化を計算すると、例えば、レジスト表面では、露光量が  $1 [mJ/d]$  で  $M = 0.9982$ 、 $10 [mJ/d]$  で  $0.9821$ 、 $100 [mJ/d]$  で  $0.8352$ 、さらにレジスト膜厚が  $0.5 \mu m$  の場合、レジスト底面では、露光量  $1 [mJ/d]$  で  $0.99925$ 、 $10 [mJ/d]$  で  $0.9983$ 、 $100 [mJ/d]$  で  $0.928$  程度まで減少するにすぎず、このモデルによる計算では、レジストは有効な露光量を与えても 10 多程度しか反応していないことになる。また、ジアソ系フォト・レジストとエキシマ・レーザー光との相互作用については、従来の  $g$  線や  $i$  線といった 1 光子吸収型で励起分子密度が高くない場合とは異なり、多光子吸収型の反応や高密度励起型の反応が起こる可能性があり、反応分子数と照射強度が比例するといった仮定が成り立たなくなるといわれている。

したがって、従来のモデルでは、光の照射強度に比例して反応基が分解するという単純な仮定で

$$R = f(E) \quad \dots \dots \dots (4)$$

以上の様に、レジストの現像速度の空間分布を求め、現像シミュレーションを行う。

#### 作 用

吸収エネルギー密度  $E$  を導入し、これよりレジストの現像速度を求める事によって、レジストがエキシマ・レーザー光との相互作用による変化を定量的に計算できる。

#### 実施例

平坦な半導体基板上に一樣に塗布されたレジストに、KrF エキシマによるレーザー光を照射したとする。この場合には、基板からの反射の影響も考慮し、Dill らの手法 ("Modeling Projection Printing of Positive Photoresist" アイ・イー・イー トランズ オン エレクトロン デバイスズ (IEEE Trans on Electron Devices), vol. ED. 22 P. 456 ~ P. 464) に基づいてレジスト中の光強度  $I$  並びに感光剤濃度  $M$  を求める。計算は時間ステップ  $\Delta t$  ずつ進めることによって、所定の時刻までくり返し計算を行う。その過程に

において式(4)で表わされる吸収エネルギー密度 $E$ を求める。次にレジストの現像速度の空間分布 $R$ を $E$ の関数として求め、現像シミュレーションを行う。

第1図は、本発明の実施例におけるシミュレーションの流れ図を示す。光強度分布計算部1によって、レジスト表面に照射される光の強度分布 $I_0(x, y)$ を求める。 $(x, y)$ はレジスト表面での位置を表わす。次にレジスト露光部2において、レジストが照射光から吸収したエネルギー密度分布 $E(x, y, z, t)$ を求める。引き続き、レジスト現像速度算出部3において、前記エネルギー密度分布 $E(x, y, z, t)$ より、レジストの現像速度の空間分布 $R(x, y, z, t)$ を求める。ここで $x, y, z$ はレジスト中での空間座標、 $t$ は露光開始後の時刻を示す。最後に、レジスト現像部4にて、レジスト形状変化を計算する。

レジストの現像速度 $R$ は、例えばMP2400レジストをMF2401(シブレイ社)現像液にて

現像した場合について露光現像特性を調べると第2図のようになる。ここで横軸の吸収エネルギー密度は計算により求めたもので、縦軸の現像速度は、レジストの現像による膜厚の実測値より求めた結果をそれぞれ対応させたものである。この場合には、レジストの現像速度 $R$ とエネルギー吸収密度 $E$ との間には、

$$R = R_0 \cdot E^{\alpha} \quad (\mu\text{m}/\text{sec}) \quad \dots \dots \dots (5)$$

の関係があることが認められる。ここで、 $R_0 = 1.16 \times 10^{-4}$ 、 $\alpha = 1.35$ と抽出できる。

第3図に本発明によるシミュレーション方法を用いた場合のエキシマレーザー露光によるレジスト・パターン形成の実験結果とシミュレーション結果を示す。第3図aにSEMによるレジスト・パターンの写真、第3図bにシミュレーション結果を示す。この場合のレジスト膜厚は0.5 $\mu\text{m}$ 、露光量は40mJ/cm<sup>2</sup>で、0.4 $\mu\text{m}$ のラインアンドスペースパターンの露光、現像後のレジスト・パターンを示す。

発明の効果

以上示した様に、本発明によるシミュレーション方法によって、エキシマ・レーザー光によるレジスト形状のシミュレーションが可能となった。

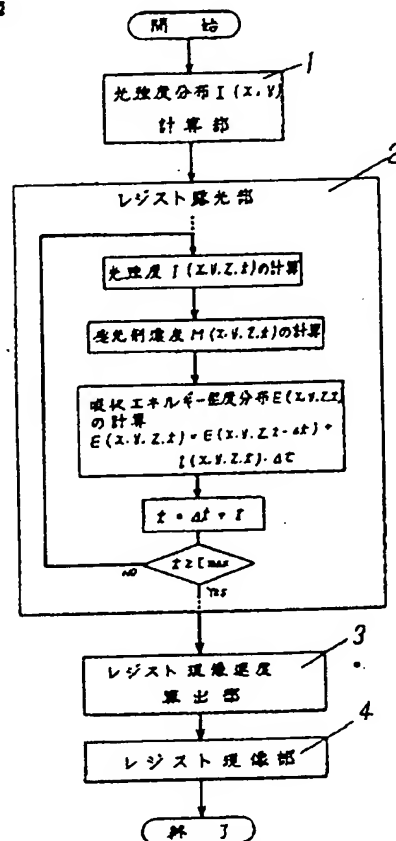
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明によるシミュレーション方法の一実施例を示す流れ図、第2図はエキシマ露光を行った場合のレジストの露光現像特性図、第3図はレジスト形状の実験結果とシミュレーション結果を示す説明図である。

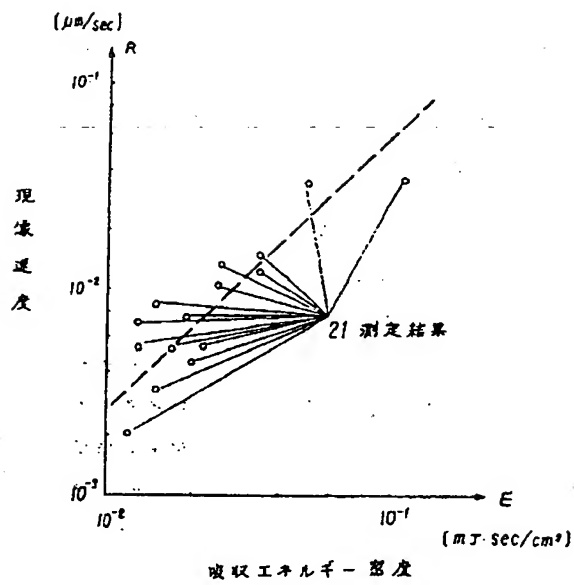
1……光強度分布 $I(x, y)$ 計算部、2……レジスト露光部、3……レジスト現像速度算出部、4……レジスト現像部。

代理人の氏名 弁理士 中 尾 敏 男 ほか1名

第1図



第 2 図



第 3 図

